

APPLICATION UNDER UNITED STATES PATENT LAWS

Atty. Dkt. No. 061069-0309151

Invention: IMAGE FORMING OPTICAL SYSTEM AND ELECTRONIC INSTRUMENT USING THE SAME

Inventor (s): Takahiro AMANAI

**Address communications to the
correspondence address
associated with our Customer No**

00909

Pillsbury Winthrop LLP

This is a:

- ☐ Provisional Application
- ☒ Regular Utility Application
- ☐ Continuing Application
 - ☐ The contents of the parent are incorporated by reference
- ☐ PCT National Phase Application
- ☐ Design Application
- ☐ Reissue Application
- ☐ Plant Application
- ☐ Substitute Specification
 - Sub. Spec Filed _____
 - in App. No. _____ / _____
- ☐ Marked up Specification re
 - Sub. Spec. filed _____
 - In App. No. _____ / _____

SPECIFICATION

結像光学系及びそれを用いた電子機器

Image forming Optical System And Electronic Instrument Using The Same

BACKGROUND OF THE INVENTION

1. Field of the Invention

本発明は、ＣＣＤやＣＭＯＳなどの固体撮像素子等を備えた撮像ユニットに用いる結像光学系に関し、例えば、デジタルスチルカメラ、デジタルビデオカメラ、携帯電話やパソコンに搭載される小型カメラ、監視カメラ等に利用できる結像光学系に関するものである。また、この結像光学系を用いた、デジタルスチルカメラ、デジタルビデオカメラ、携帯電話やパソコン等の電子機器に関する。

2. Description of the Related Art

近年、銀塩フィルムに代わり、ＣＣＤやＣＭＯＳのような固体撮像素子を用いて被写体を撮影するようにした電子カメラが普及してきている。このような電子カメラのうち、携帯型コンピュータや携帯電話等に搭載される撮像ユニットでは特に小型、軽量化が求められている。

このような撮像ユニットに用いる結像光学系としては、従来よりレンズ枚数を１枚もしくは２枚で構成したものがある。しかしながら、このような構成の結像光学系は、像面湾曲が補正できず高い性能は望めないことが既に知られている。このため、結像光学系において高性能を満たすには３枚以上で構成することが必要である。

一方、撮像ユニットにＣＣＤのような撮像素子を用いる場合、結像光学系から射出された軸外光束が像面に対してあまりに大きな角度で入射すると、マイクロレンズの集光性能が十分に発揮されず画像の明るさが画像中央部と画像周辺部で極端に変化するという問題が生じてしまう。このため、ＣＣＤ等の撮像素子への光線入射角、すなわち射出瞳位置が設計上重要となる。そして、少ないレンズ枚数で構成する光学系の場合には、明るさ絞りの位置が重要となる。

これらの問題を考慮した光学系として、物体側から第１レンズの前、或いは、

第1レンズと第2レンズとの間に、絞りを配置させたタイプの光学系が挙げられる。従来、そのようなタイプの結像光学系としては、例えば、特開平5-188284号、特開平7-27974号、特開平9-288235号、特開平11-52227号及び特開2001-83409号に開示されたものがある。

SUMMARY OF THE INVENTION

本発明による結像光学系は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズからなる第1レンズと、明るさ絞りと、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズからなる第2レンズと、負レンズからなる第3レンズを備えている。

また、本発明による電子機器は上記結像光学系を備えている。

本発明によれば、製造誤差に対する性能劣化が少なく、小型化しても高性能な結像光学系を提供することができる。

These and other features and advantages of the present invention will become apparent from the following detailed description of the preferred embodiments when taken in conjunction with the accompanying drawings.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

図1は本発明の結像光学系の第1実施例の光学構成を示す光軸に沿う断面図である。

図2A, 2B及び2Cは第1実施例にかかる結像光学系の球面収差、非点収差、及び歪曲収差をそれぞれ示す図である。

図3は本発明の結像光学系の第2実施例の光学構成を示す光軸に沿う断面図である。

図4A, 4B及び4Cは第2実施例にかかる結像光学系の球面収差、非点収差、及び歪曲収差をそれぞれ示す図である。

図5は本発明の結像光学系の第3実施例の光学構成を示す光軸に沿う断面図である。

図6A, 6B及び6Cは第3実施例にかかる結像光学系の球面収差、非点収差、及び歪曲収差をそれぞれ示す図である。

図 7 は本発明の結像光学系の第 4 実施例の光学構成を示す光軸に沿う断面図である。

図 8 A, 8B 及び 8C は、第 4 実施例にかかる結像光学系の球面収差、非点収差、及び歪曲収差をそれぞれ示す図である。

図 9 A 及び 9B は本発明にかかる結像光学系を用いた携帯電話の概略構成を示す正面図及び背面図である。

図 10 A 及び 10 B は、本発明にかかる結像光学系を用いたデジタルカメラの概略構成を示す前側斜視図及び後側斜視図である。

DETAILED DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS

実施例の説明に先立ち、本発明のように構成した理由及び本発明の作用効果を説明する。

まず、結像光学系を構成するレンズ枚数について説明する。本発明では性能と小型化を考慮した結果、結像レンズ系を 3 枚のレンズで構成した。レンズを 4 枚以上使って結像光学系を構成すれば、さらに性能が向上するのは明らかである。しかしながら、レンズが 1 枚増えることにより、レンズの厚さ、レンズの間隔、枠のスペースがその分多くなり大型化するのは避けられない。また、前記の従来技術におけるように、2 枚以下のレンズで結像光学系を構成したのでは像面湾曲が小さくならず、周辺性能がかなり劣化する。これに対して、結像光学系に用いるレンズを 3 枚にすれば、性能、大きさともに最適となる。

次に、結像光学系を用いるユニットに、例えば CCD のような撮像素子を用いた場合、明るさ絞りを像面から遠い位置に配置することが望ましい。これにより、良好な集光性能を維持するために撮像素子への光線入射角度を小さくすることができる。

一方、画角の広い光学系においては、明るさ絞りを光学系のパワー配置に対して対称的に配置させることが望ましい。これにより、画面周辺部のディストーション及び倍率色収差の発生を低減させることができる。

上記二つの理由から、結像光学系では、明るさ絞りの位置を、第 1 レンズと第 2 レンズとの間に配置している。これにより、広角でかつテレセン性を重視した光学系を実現した。また、像素子への光線入射角度を小さくし、かつ、画

面周辺部のディストーション及び倍率色収差の発生を低減させることを、最も効果的に実現できる。

また、結像光学系において、第1レンズを、物体側に正パワーの強い曲面を持つ正メニスカスレンズで構成すれば、第1正レンズの主点位置を物体側に移動させることができ、全長短縮に有利となる。

加えて、結像光学系では、明るさ絞りを挟んで、第1レンズおよび第2レンズをそれぞれ、物体側に凸の正パワーを有するメニスカスレンズ、像側に凸の正パワーを有するメニスカスレンズとしている。このようにすることで、光学面におけるパワー配置が、物体側から、（正、負）、（負、正）となる。その結果、入射光線と射出光線とのなす角度、すなわち偏角を小さく保つことができ、収差の発生を抑制させることができる。また、もともと無偏心時における収差発生量が小さいため、レンズの相対偏心時における性能変動の影響を受けにくい構成となる。

上述のように、結像光学系では、光学系の全長を小さくするために、第1レンズを正パワー、第2レンズを負パワーのパワー配置として構成した。しかし、広角な光学系において、最も像側のレンズが、中心から周辺に到るまで負パワーを有していると、次のような不都合が生じる。例えば、シェーディングを避けるために、入射角度が限定されるようなCCDを撮像素子に用いたとする。この場合、パワーが中心から周辺に到るまで負だと、光線高の大きい位置での光線入射角度を小さくすることが出来ない。

そこで、最も像面側のレンズにおいて、少なくとも1面を非球面とし、レンズ中心のパワーは負であっても、レンズ周辺のパワーを正にする。このようにすれば、光線高の大きい位置での光線を光軸側に大きく屈折させて、像面への光線入射角度を小さくすることが可能となる。

ゆえに、結像光学系では、最も像側のレンズである第3レンズにおいて、次の条件式(1)を満足することが重要である。

$$-2.0 < \phi_m / \phi_p < 0 \quad \dots (1)$$

但し、 ϕ_m は最大光線高の位置における第3レンズのパワー、 ϕ_p は近軸における第3レンズのパワーである。

ここで、最大光線高の位置におけるレンズのパワー ϕ_m を次のように定義するものとする。対象のレンズのレンズ最大光線高 H_m に、物体側の無限遠方から平行光線を入射させ、レンズ通過後の傾き角を ξ としたとき、 $\phi_m = \tan \xi / H_m$ で与えられるものである。

条件式(1)の下限値を下回ると、近軸のパワーが弱くなりすぎて全長が長くなってしまいか、もしくは、周辺の正パワーが大きくなりすぎ、著しく周辺性能が劣化してしまう。一方、条件式(1)の上限値を上回ると、第3レンズ周辺の正パワーが小さくなりすぎる。その結果、像面への光線入射角の補正が不十分となってしまう。

なお、好ましくは、結像光学系は、次の条件式(1')を満足するのが良い。

$$-1.0 < \phi_m / \phi_p < 0 \quad \cdots (1')$$

さらに、好ましくは、結像光学系は、次の条件式(1'')を満足するのが良い。

$$-0.5 < \phi_m / \phi_p < 0 \quad \cdots (1'')$$

さらに、結像光学系は、第1レンズの像側曲率半径と第2レンズの物体側曲率半径が次の条件式(2)を満足するのが良い。

$$0 < (r_{1r} + r_{2f}) / (r_{1r} - r_{2f}) < 1.0 \quad \cdots (2)$$

但し、 r_{1r} は第1レンズの像側曲率半径、 r_{2f} は第2レンズの物体側曲率半径である。

条件式(2)を満足すれば、第1レンズと第2レンズの偏角を小さくすることができ、レンズの相対偏心による性能劣化を抑制させることが可能となる。条件式(2)の上限値を上回ると、第2レンズの物体側の負パワーが弱くなりすぎ、第1レンズで発生する収差を良好に補正できなくなる一方、条件式(2)の下限値を下回ると、第2レンズの物体側の負パワーが強くなりすぎる。その結果、この面で発生する球面収差やコマ収差を他の面で補正することが困難になってしまう。

なお、好ましくは、結像光学系は、次の条件式(2')を満足するのが良い。

$$0.2 < (r_{1r} + r_{2f}) / (r_{1r} - r_{2f}) < 0.9 \quad \cdots (2')$$

さらに、好ましくは、結像光学系は、次の条件式(2'')を満足するのが良い。

$$0.5 < (r_{1r} + r_{2f}) / (r_{1r} - r_{2f}) < 0.7 \quad \cdots (2'')$$

また、結像光学系において、結像光学系の全長を小さくするためには、結像光学系全系の主点位置を物体側寄りに配置させることが必要であり、従って、第1レンズのパワーが重要となってくる。そのため、結像光学系は、次の条件式(3)を満足するのが好ましい。

$$0.1 < r_1 f / f < 1.0 \quad \cdots (3)$$

但し、 $r_1 f$ は第1レンズの物体側の曲率半径、 f は結像光学系全系の焦点距離である。

条件式(3)の上限値を上回ると、第1面の曲率半径が緩くなり、正パワーの第1レンズの主点位置が像側になる。そこで、結像光学系の全長を短縮するためには、各レンズのパワーを強くしなければならない。ところが、パワーが強くなると収差が発生しやすくなるので、所定の性能を出すのが困難となる。一方、条件式(3)の下限値を下回ると、結像光学系の全長の短縮には有利となるが、第1面により発生する球面収差の補正が困難となる。

なお、好ましくは、結像光学系は、次の条件式(3')を満足するのが良い。

$$0.2 < r_1 f / f < 0.8 \quad \cdots (3')$$

さらに、好ましくは、結像光学系は、次の条件式(3'')を満足するのが良い。

$$0.3 < r_1 f / f < 0.6 \quad \cdots (3'')$$

【0026】

結像光学系は、全長を短縮するために、次のような構成を採用している。すなわち、第1レンズと第2レンズにおける正のパワーと、第3レンズにおける負のパワーにより、テレフォトタイプの光学系となっている。そのため、このテレフォトタイプの正パワーと負パワーの配置に対して、結像光学系の全長短縮と性能確保とをバランスよく達成させるためには、次の条件式(4)、(5)を満足するのが好ましい。

$$0.2 < f_{12} / |f_3| < 1.5 \quad \cdots (4)$$

$$0.5 < f / |f_3| < 2.0 \quad \cdots (5)$$

但し、 f_{12} は第1レンズと、第2レンズの合成焦点距離、 f_3 は第3レンズの焦点距離、 f は結像光学系全系の焦点距離である。

条件式(4)、(5)を満足しないと、テレフォトタイプを構成する正のパワーと

負のパワーとのバランスが崩れ、結像光学系の全長が増大し、或いは性能が悪化してしまう。すなわち、条件式(4)、(5)の上限値を上回ると、テレフォトタイプを構成する負のパワーが弱くなるので、結像光学系の全長短縮に不利となる。一方、条件式(4)、(5)の下限値を下回ると、テレフォトタイプを構成する負のパワーが強くなりすぎる。そのため、それに伴い正のパワーも強くしなければならず、各レンズで発生する収差が増大となり、性能を確保するのが困難となる。

なお、好ましくは、結像光学系は、次の条件式(4')、(5')を満足するのが良い。

$$0.4 < f_{12} / |f_3| < 1.3 \quad \dots (4')$$

$$0.7 < f / |f_3| < 1.5 \quad \dots (5')$$

さらに、好ましくは、次の条件式(4'')、(5'')を満足するのが良い。

$$0.6 < f_{12} / |f_3| < 0.9 \quad \dots (4'')$$

$$0.9 < f / |f_3| < 1.2 \quad \dots (5'')$$

結像光学系では、明るさ絞りを挟んで、第1レンズと、第2及び第3レンズとが配置されている。ここで、倍率色収差やディストーションを小さくするためには、軸外光線が明るさ絞りの中心位置に対して点対称に通るようにすることが重要となる。

そのため、結像光学系は、次の条件式(6)を満足するのが良い。

$$-5.0 < f_1 / f_{23} < 3.0 \quad \dots (6)$$

但し、 f_1 は第1レンズの焦点距離、 f_{23} は第2レンズと第3レンズの合成焦点距離である。

条件式(6)の上限値を上回るか、或いは下限値を下回ると、倍率色収差やディストーションが補正過剰、もしくは補正不足になってしまう。その結果、いずれの場合も周辺性能が悪化する。

なお、好ましくは、結像光学系は、次の条件式(6')を満足するのが良い。

$$0 < f_1 / f_{23} < 1.0 \quad \dots (6')$$

さらに、好ましくは、結像光学系は、次の条件式(6'')を満足するのが良い。

$$0.4 < f_1 / f_{23} < 0.7 \quad \dots (6'')$$

また、結像光学系は、軸上色収差を補正するためには、レンズ全体で色消し

を行い、次の条件式(7)を満足するのが好ましい。

$$0.5 < (\nu 1 - \nu 3) / (\nu 2 - \nu 3) < 1.5 \quad \cdots (7)$$

但し、 $\nu 1$ は第1レンズのアッペ数、 $\nu 2$ は第2レンズのアッペ数、 $\nu 3$ は第3レンズのアッペ数である。

条件式(7)の上限値を上回るか、或いは下限値を下回ると、軸上色収差が補正過剰、もしくは補正不足になってしまう。その結果、中心性能を確保することが困難となる。

なお、好ましくは、結像光学系は、次の条件式(7')を満足するのが良い。

$$0.7 < (\nu 1 - \nu 3) / (\nu 2 - \nu 3) < 1.3 \quad \cdots (7')$$

さらに、好ましくは、結像光学系は、次の条件式(7'')を満足するのが良い。

$$0.8 < (\nu 1 - \nu 3) / (\nu 2 - \nu 3) < 1.2 \quad \cdots (7'')$$

ところで、撮像素子にCCDを用いる場合、いわゆるシェーディングという現象がおきてしまう。これは、光学系から射出された軸外光束が像面に対してあまりに大きな角度で入射すると、画像中央部と画像周辺部で画像の明るさが変化してしまう現象である。一方、像面に対して小さい角度で入射させると、上記シェーディングの問題は軽減されるが、光学系の全長が大きくなってしまふ。

そのため、結像光学系は、次の条件式(8)を満足するのが好ましい。

$$0.4 < EXP / f < 1.5 \quad \cdots (8)$$

但し、EXPは像面からの射出瞳までの距離、fは結像光学系全系の焦点距離である。

条件式(8)の上限値を上回ると、結像光学系の全長が大きくなってしまふ。一方、条件式(8)の下限値を下回ると、CCDへの入射角が大きくなりすぎ画像周辺部の明るさが低下してしまふ。

なお、好ましくは、結像光学系は、次の条件式(8')を満足するのが良い。

$$0.6 < EXP / f < 1.3 \quad \cdots (8')$$

さらに、好ましくは、結像光学系は、次の条件式(8'')を満足するのが良い。

$$0.8 < EXP / f < 1.1 \quad \cdots (8'')$$

また、結像光学系は、次の条件式(9)を満足するのが好ましい。

$$0.55 [1/\mu\text{m}] < F\text{no}/P [\mu\text{m}] < 2.10 [1/\mu\text{m}] \cdots (9)$$

但し、Fnoは光学系のFナンバー、Pは撮像素子の画素間隔である。

条件式(9)の上限値を上回ると、光学系が暗くなり過ぎるか、画素間隔が小さくなり過ぎることにより、1画素あたりの光量が少なくなってしまう。従って、シャッター速度が遅くなり、手ぶれを引き起こしたり、長時間露光によりノイズが増加する原因となる。一方、条件式(9)の下限値を下回ると、画素間隔が大きくなり過ぎ、高画素な撮像データ得られなくなる。

なお、好ましくは、結像光学系は、次の条件式(9')を満足するのが良い。

$$0.65 [1/\mu\text{m}] < F\text{no}/P [\mu\text{m}] < 1.50 [1/\mu\text{m}] \cdots (9')$$

さらに、好ましくは、結像光学系は、次の条件式(9'')を満足するのが良い。

$$0.77 [1/\mu\text{m}] < F\text{no}/P [\mu\text{m}] < 1.18 [1/\mu\text{m}] \cdots (9'')$$

また、結像光学系は、次の条件式(10)を満足するのが好ましい。

$$0.05 < ML/TL < 0.35 \cdots (10)$$

但し、MLはプラスチックレンズにおける最小軸上肉厚、TLは光学系の全長である。

条件式(10)の上限値を上回ると、光学系の全長に対して、プラスチックレンズにおける最小軸上肉厚が大きくなり過ぎるため、ガラスレンズの中心肉厚が十分に確保できず、ガラスレンズの加工性が悪化してしまう。一方、条件式(10)の下限値を下回ると、プラスチックレンズにおける最小軸上肉厚が小さ過ぎることから、成型時にプラスチック樹脂が成型型にスムーズに入り込めず、応力がかかって複屈折の原因になったり、成型に時間がかかり、生産性が悪化してしまう。

なお、好ましくは、結像光学系は、次の条件式(10')を満足するのが良い。

$$0.10 < ML/TL < 0.27 \cdots (10')$$

さらに、好ましくは、結像光学系は、次の条件式(10'')を満足するのが良い。

$$0.14 < ML/TL < 0.20 \cdots (10'')$$

以下、本発明の実施例を図面を用いて説明する。

第 1 実施例

図 1 は結像光学系の第 1 実施例の光学構成を示す光軸に沿う断面図、図 2 A、2B 及び 2C は第 1 実施例にかかる結像光学系の球面収差、非点収差、歪曲収差をそれぞれ示している。

第 1 実施例の結像光学系は、物体側から順に、第 1 レンズとしての物体側に凸面を向けた、物体側の面が非球面の正メニスカスレンズ L 1 と、明るさ絞り S と、第 2 レンズとしての像側に凸面を向けた、両面が非球面の正メニスカスレンズ L 2 と、第 3 レンズとしての両面が非球面で中心のパワーが負で周辺のパワーが正の負レンズ L 3 とで構成されている。図中、I は撮像素子の撮像面である。光学系の像面には、1 / 3 インチ、1 3 0 万画素（画素間隔 3. 6 μ m）の撮像素子が配置されている。

次に、第 1 実施例の結像光学系を構成する光学部材の数値データを示す。第 1 実施例では、第 1 レンズ L 1 と第 2 レンズ L 2 はガラスで、第 3 レンズ L 3 はプラスチック（ポリカーボネート）で構成されている。

なお、第 1 実施例の数値データにおいて、屈折率、アッペ数は e 線におけるものである。

また、非球面形状は、光軸方向を z、光軸に直交する方向を y にとり、円錐係数を k、非球面係数を a、b、・・・としたとき、次の式で表される。

$$z = (y^2 / r) / [1 + \{1 - (1 + k) (y / r)^2\}^{1/2}] \\ + a y^4 + b y^6 + \dots$$

これらは、以下の実施例においても共通である。

数値データ 1

焦点距離：4. 6 mm、F ナンバー：2. 8、像高：3. 0 mm、

半画角：3 1°

面番号	曲率半径	面（又は空気）間隔	屈折率	アッペ数
物体面	∞	∞		
1	非球面[1]	1.12	1.5163	64.1
2	8.55	0.44		

3	絞り面	0.77		
4	非球面[2]	1.55	1.5891	61.2
5	非球面[3]	0.22		
6	非球面[4]	1.26	1.5839	30.2
7	非球面[5]	1.66		

像面 ∞

非球面[1]

曲率半径 2.32

$$k = 2.1257 \times 10^{-2}$$

$$a = 2.4932 \times 10^{-3} \quad b = 7.0861 \times 10^{-4}$$

非球面[2]

曲率半径 -1.80

$$k = 1.3698 \times 10^{+0}$$

$$a = -7.3856 \times 10^{-2}$$

非球面[3]

曲率半径 -1.14

$$k = -8.3219 \times 10^{-1}$$

$$a = 2.7759 \times 10^{-2} \quad b = -1.4018 \times 10^{-2}$$

非球面[4]

曲率半径 -23.77

$$k = 7.6623 \times 10^{+1}$$

$$a = 4.3204 \times 10^{-3}$$

非球面[5]

曲率半径 2.70

$$k = -1.3298 \times 10^{+1}$$

$$a = -1.5317 \times 10^{-2} \quad b = 6.0974 \times 10^{-4}$$

第2実施例

図3は結像光学系の第2実施例の光学構成を示す光軸に沿う断面図、図4A, 4B,及び4Cは第2実施例にかかる結像光学系の球面収差、非点収差、歪曲収差

をそれぞれ示している。

第2実施例の結像光学系は、物体側から順に、第1レンズとしての物体側に凸面を向けた、物体側の面が非球面の正メニスカスレンズL1と、明るさ絞りSと、第2レンズとしての像側に凸面を向けた、両面が非球面の正メニスカスレンズL2と、第3レンズとしての両面が非球面で中心のパワーが負で周辺のパワーが正の負レンズL3とで構成されている。図中、Iは撮像素子の撮像面である。

次に、第2実施例の結像光学系を構成する光学部材の数値データを示す。第2実施例では、第1レンズはガラス、第2レンズと第3レンズはプラスチックで構成されており、詳しくは、第2レンズはゼオネックス、第3レンズはポリカーボネートで構成されている。

光学系の像面には、1/3インチ、200万画素（画素間隔 $3.0\mu\text{m}$ ）の撮像素子が配置されている。

数値データ2

焦点距離：4.6mm、Fナンバー：2.4、像高：3.0mm、
半画角： 31°

面番号	曲率半径	面（又は空気）間隔	屈折率	アッペ数
物体面	∞	∞		
1	非球面[1]	1.04	1.5831	59.4
2	5.90	0.44		
3	絞り面	0.76		
4	非球面[2]	1.23	1.5256	56.4
5	非球面[3]	0.10		
6	非球面[4]	1.46	1.5839	30.2
7	非球面[5]	1.56		

像面 ∞

非球面[1]

曲率半径 2.19

$k = 1.0272 \times 10^{-1}$

$$a = 1.9376 \times 10^{-3} \quad b = 7.2822 \times 10^{-4}$$

非球面 [2]

$$\text{曲率半径} \quad -1.50$$

$$k = 1.0172 \times 10^{+0}$$

$$a = -8.5104 \times 10^{-2}$$

非球面 [3]

$$\text{曲率半径} \quad -1.02$$

$$k = -7.7974 \times 10^{-1}$$

$$a = 3.1554 \times 10^{-2} \quad b = -2.0397 \times 10^{-2}$$

非球面 [4]

$$\text{曲率半径} \quad -25.93$$

$$k = 1.1898 \times 10^{+2}$$

$$a = 2.7400 \times 10^{-3}$$

非球面 [5]

$$\text{曲率半径} \quad 2.95$$

$$k = -1.5198 \times 10^{+1}$$

$$a = -2.3321 \times 10^{-2} \quad b = 9.9319 \times 10^{-4}$$

第 3 実施例

図 5 は結像光学系の第 3 実施例の光学構成を示す光軸に沿う断面図、図 6 A, 6B, 及び 6C は第 3 実施例にかかる結像光学系の球面収差、非点収差、歪曲収差をそれぞれ示している。

第 3 実施例の結像光学系は、物体側から順に、第 1 レンズとしての物体側に凸面を向けた、両面が非球面の正メニスカスレンズ L 1' と、明るさ絞り S と、第 2 レンズとしての像側に凸面を向けた、両面が非球面の正メニスカスレンズ L 2 と、第 3 レンズとしての両面が非球面で中心のパワーが負で周辺のパワーが正の負レンズ L 3 とで構成されている。図中、I は撮像素子の撮像面である。

次に、第 3 実施例の結像光学系を構成する光学部材の数値データを示す。
第 3 実施例では、全てのレンズはプラスチックで構成されており、詳しくは、第 1 レンズと第 2 レンズはゼオネックスで、第 3 レンズはポリカーボネートで

構成されている。

光学系の像面には、1 / 3 インチ、300 万画素（画素間隔 2.4 μm ）の撮像素子が配置されている。

数値データ 3

焦点距離：4.5 mm、F ナンバー：2.8、像高：3.0 mm、

半画角：34°

面番号	曲率半径	面（又は空気）間隔	屈折率	アッペ数
物体面	∞	∞		
1	非球面 [1]	1.06	1.5256	56.4
2	非球面 [2]	0.46		
3	絞り面	0.66		
4	非球面 [3]	1.22	1.5256	56.4
5	非球面 [4]	0.10		
6	非球面 [5]	1.45	1.5839	30.2
7	非球面 [6]	0.14		
8	∞	1.51		

像面 ∞

非球面 [1]

曲率半径 2.04

$$k = 3.5240 \times 10^{-1}$$

$$a = 3.8084 \times 10^{-4} \quad b = 5.3270 \times 10^{-4}$$

非球面 [2]

曲率半径 5.60

$$k = 2.9258 \times 10^{+0}$$

$$a = 5.6408 \times 10^{-3}$$

非球面 [3]

曲率半径 -1.36

$$k = 8.2622 \times 10^{-1}$$

$$a = -9.7733 \times 10^{-2} \quad b = 1.4302 \times 10^{-2}$$

非球面 [4]

曲率半径 -0.97

$$k = -7.2104 \times 10^{-1}$$

$$a = 3.7885 \times 10^{-2} \quad b = -2.0112 \times 10^{-2}$$

非球面 [5]

曲率半径 -58.12

$$k = 5.7689 \times 10^{+2}$$

$$a = 3.4088 \times 10^{-3}$$

非球面 [6]

曲率半径 2.94

$$k = -1.6741 \times 10^{+1}$$

$$a = -2.4078 \times 10^{-2} \quad b = 1.3122 \times 10^{-3}$$

第 4 実施例

図 7 は結像光学系の第 4 実施例の光学構成を示す光軸に沿う断面図、図 8 A, 8B, 及び 8C は第 4 実施例にかかる結像光学系の球面収差、非点収差、歪曲収差をそれぞれ示している。

第 4 実施例の結像光学系は、物体側から順に、第 1 レンズとしての物体側に凸面を向けた、両面が非球面の正メニスカスレンズ L 1' と、明るさ絞り S と、第 2 レンズとしての像側に凸面を向けた、両面が非球面の正メニスカスレンズ L 2 と、第 3 レンズとしての両面が非球面で中心のパワーが負で周辺のパワーが正の負レンズ L 3 とで構成されている。図中、I は撮像素子の撮像面である。

次に、第 4 実施例の結像光学系を構成する光学部材の数値データを示す。

第 4 実施例では、全てのレンズはプラスチックで構成されており、詳しくは、第 1 レンズと第 2 レンズはゼオネックスで、第 3 レンズはポリカーボネートで構成されている。

光学系の像面には、1 / 3 インチ、200 万画素（画素間隔 3.0 μm）の撮像素子が配置されている。

数値データ 4

焦点距離：4.65 mm、F ナンバー：2.8、像高：3.0 mm、

半画角：33°

面番号	曲率半径	面（又は空気）間隔	屈折率	アッペ数
物体面	∞	∞		
1	非球面[1]	1.05	1.5256	56.4
2	非球面[2]	0.45		
3	絞り面	0.64		
4	非球面[3]	1.56	1.5256	56.4
5	非球面[4]	0.10		
6	非球面[5]	1.88	1.5839	30.2
7	非球面[6]	1.33		

像面 ∞

非球面[1]

曲率半径 2.05

$k = 4.6507 \times 10^{-1}$

$a = 3.7625 \times 10^{-4}$ $b = 8.1987 \times 10^{-4}$

非球面[2]

曲率半径 5.69

$k = 3.5391 \times 10^{+0}$

$a = 1.1185 \times 10^{-2}$

非球面[3]

曲率半径 -1.68

$k = 1.4236 \times 10^{+0}$

$a = -4.7874 \times 10^{-2}$ $b = -3.4864 \times 10^{-2}$

非球面[4]

曲率半径 -1.12

$k = -6.0437 \times 10^{-1}$

$a = 4.2650 \times 10^{-2}$ $b = -1.0446 \times 10^{-2}$

非球面[5]

曲率半径 -34.06

$$k = 2.2622 \times 10^{+2}$$

$$a = -1.1040 \times 10^{-3}$$

非球面 [6]

曲率半径 2.68

$$k = -1.1850 \times 10^{+1}$$

$$a = -1.6923 \times 10^{-2} \quad b = 3.9551 \times 10^{-4}$$

なお、上記各実施例では、結像光学系プラスチックレンズで構成したが、全てのレンズをガラスで構成してもかまわない。また、例えば、上記各実施例よりも屈折率の高いガラスを用いれば、さらに高性能を達成できるのは言うまでもない。

また、上記各実施例の結像光学系を構成するレンズに特殊低分散ガラスを用いれば、色収差の補正に効果があるのは言うまでもない。特に、プラスチックで構成する場合には、低吸湿材料（例えば、日本ゼオン社のゼオネックス等）を用いることにより環境変化による性能劣化が軽減されるので好ましい。

また、上記各実施例において、ゴースト、フレア等の不要光をカットするために、明るさ絞り以外にフレア絞りを配置してもかまわない。フレア絞りは、上記各実施例の第1レンズの前、第1レンズと明るさ絞りとの間、明るさ絞りとの第2レンズとの間、第2レンズと第3レンズとの間、第3レンズと像面との間のいずれの場所に配置しても良い。

また、フレア絞りは、枠によりフレア光線をカットするように構成しても良いし、別の部材で構成しても良い。または、フレア絞りを結像光学系に直接印刷したり、塗装したり、或いはシールなどを接着してもかまわない。また、フレア絞りの形状は円形、楕円形、矩形、多角形、関数曲線で囲まれる範囲等、いかなる形状でもかまわない。また、フレア絞りを設けることによって、有害光束をカットするだけでなく画面周辺のコマフレア等の光束をカットするようにしても良い。

また、各レンズに反射防止コートを行い、ゴースト、フレアを軽減するようにしてもかまわない。その場合、マルチコートにすると効果的にゴースト、フレアを軽減できるので望ましい。また、赤外カットコートをレンズ面、カバー

ガラス等に行ってもかまわない。

また、上記各実施例の結像光学系において、ピント調節を行うためにフォーカシングを行うように構成しても良い。その場合、レンズ系全体を繰り出してフォーカスを行うようにしても良いし、一部のレンズを繰り出し、もしくは繰り込むことでフォーカスするようにしても良い。

また、上記各実施例の結像光学系において、画像周辺部の明るさ低下を、C C Dのマイクロレンズをシフトすることにより軽減しても良い。例えば、各像高における光線の入射角に合わせてC C Dのマイクロレンズの設計を変えても良い。また画像処理により画像周辺部の低下量を補正しても良い。

また、図示はしていないが、結像光学系は、フィルムやC C Dを記録部材とするカメラ、あるいは携帯電話、携帯型情報入力端末等々の光学装置に適している。よって、上記の光学系を備えた光学装置も、本発明として含まれる。

次に、各実施例における条件式パラメータ計算値を下表に示す。

	第 1 実施例	第 2 実施例	第 3 実施例	第 4 実施例
$\Phi m / \phi p$	-0.15	-0.28	-0.38	-0.04
$(r1r+r2f)/(r1r-r2f)$	0.65	0.59	0.61	0.54
$r1f/f$	0.50	0.48	0.45	0.44
$f12/ f3 $	0.80	0.76	0.70	0.84
$f/ f3 $	1.14	1.04	0.95	1.12
$f1/f23$	0.66	0.48	0.61	0.44
$(\nu 1-\nu 3)/(\nu 2-\nu 3)$	1.09	1.11	1.00	1.00
EXP/f	1.00	0.91	0.94	0.86
Fno/P	0.78	0.80	1.17	0.93
ML/TL	0.18	0.19	0.16	0.15

図 9 は、本発明にかかる電子機器の 1 実施例の概略構成図である。この実施例は本発明の結像光学系を携帯電話に適用した例を示している。ここで、図 9 A は携帯電話の外観を示す前側斜視図、9 B は同後側斜視図である。図 9 において、1 は電波を送受信するためのアンテナ、2 は L C D などの表示部、3 は音声を聞き取るためのスピーカ一部、4 は操作部、5 はマイク部であり、6 これらの反対側に配置された本発明の結像光学系を含

む撮像ユニット、7はバッテリー部、8は背面モニター部である。

図10は、撮像光学系に本発明の結像光学系を含んだデジタルカメラの概略図である。ここで、図10Aはデジタルカメラの概観を示す前側斜視図、図10Bは同後側斜視図である。図10において、11は撮影光路12を有する撮影光学系、13はファインダー用光路14を有するファインダー光学系、15はシャッター釦、16はフラッシュ、17は液晶表示モニターである。また、カメラの上部に配置されたシャッター釦15を押すと、それに連動して撮影光学系11を通して撮影が行なわれるようになっている。

What is claimed is

1. 結像光学系であって、物体側から順に、以下を備える：

物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズからなる第1レンズと、
明るさ絞りと、
像側に凸面を向けた正メニスカスレンズからなる第2レンズと、
負レンズからなる第3レンズ。

2. クレーム1の結像光学系であって、

前記第3レンズの少なくとも1面が非球面であり、
次の条件式を満足する。

$$-2.0 < \phi_m / \phi_p < 0$$

但し、 ϕ_m は最大光線高の位置における前記第3レンズのパワー、
 ϕ_p は近軸における前記第3レンズのパワーである。

3. クレーム1の結像光学系であって、

次の条件式を満足する。

$$0 < (r_1 r + r_2 f) / (r_1 r - r_2 f) < 1.0$$

但し、 $r_1 r$ は前記第1レンズの像側曲率半径、 $r_2 f$ は前記第2レンズの物体側曲率半径である。

4. クレーム1の結像光学系であって、

次の条件式を満足する。

$$0.1 < r_1 f / f < 1.0$$

但し、 $r_1 f$ は前記第1レンズの物体側の曲率半径、 f は前記結像光学系全系の焦点距離である。

5. クレーム1の結像光学系であって、

次の条件式を満足する。

$$0.2 < f_{12} / |f_3| < 1.5$$

$$0.5 < f / |f_3| < 2.0$$

但し、 f_{12} は前記第1レンズと、前記第2レンズの合成焦点距離、 f_3 は前記第3レンズの焦点距離、 f は前記光学系全系の焦点距離である。

6. クレーム1の結像光学系であって、

次の条件式を満足する。

$$-5.0 < f_1 / f_{23} < 3.0$$

但し、 f_1 は前記第1レンズの焦点距離、 f_{23} は前記第2レンズと前記第3レンズの合成焦点距離である。

7. クレーム1の結像光学系であって、

次の条件式を満足する。

$$0.5 < (\nu_1 - \nu_3) / (\nu_2 - \nu_3) < 1.5$$

但し、 ν_1 は前記第1レンズのアッベ数、 ν_2 は前記第2レンズのアッベ数、 ν_3 は前記第3レンズのアッベ数である。

8. クレーム1の結像光学系であって、

次の条件式を満足する。

$$0.4 < EXP / f < 1.5$$

但し、 EXP は像面からの射出瞳までの距離、 f は前記結像光学系全系の焦点距離である。

9. クレーム1の結像光学系であって、

次の条件式を満足する。

$$0.55 [1 / \mu m] < Fno / P [\mu m] < 2.10 [1 / \mu m]$$

但し、 Fno は前記結像光学系の解放Fナンバー、 P は前記結像光学系の結像位置に撮像面を有する撮像素子の画素間隔である。

10. クレーム1の結像光学系であって、

次の条件式を満足する。

$$0.05 < ML / TL < 0.35$$

但し、MLは前記結像光学系の全長、TLは前記結像光学系を構成するプラスチックレンズの最小軸上肉厚である。

11. クレーム1の結像光学系を備えた電子機器。

ABSTRACT OF THE DESCLOSURE

結像光学系は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた第1の正メニスカスレンズと、明るさ絞りと、像側に凸面を向けた第2の正メニスカスレンズと、負レンズを備えている。前記負レンズは、少なくとも1面が非球面であり、次の条件式を満足する。

$$-2.0 < \phi_m / \phi_p < 0$$

$$0 < (r_{1r} + r_{2f}) / (r_{1r} - r_{2f}) < 1.0$$

但し、 ϕ_m は最大光線高の位置における前記負レンズのパワー、 ϕ_p は近軸における前記負レンズのパワー、 r_{1r} は前記第1の正メニスカスレンズの像側曲率半径、 r_{2f} は前記第2の正メニスカスレンズの物体側曲率半径である。